

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

18.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年 9月20日

RECD 06 NOV 2003

出願番号  
Application Number: 特願2002-276000  
[ST. 10/C]: [JP 2002-276000]

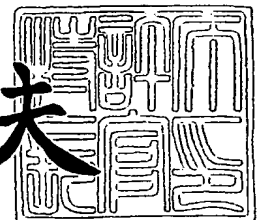
出願人  
Applicant(s): 株式会社ニコン  
独立行政法人物質・材料研究機構

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 0201003  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G02F 1/35

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 原田 昌樹

## 【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目 2 番 1 号 独立行政法人物質  
・材料研究機構内

【氏名】 栗村 直

## 【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

## 【特許出願人】

【識別番号】 301023238

【氏名又は名称】 独立行政法人物質・材料研究機構

## 【代理人】

【識別番号】 100094846

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 細江利昭

【電話番号】 (045)411-5641

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049892

【納付金額】 16,800円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9717872

【その他】 本件出願に係る特許を受ける権利の、国以外の者の持ち分は 8 0 % である。

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長変換素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水晶基板中に複数の分極反転領域が周期的に形成され、前記水晶基板の一端から入射した光を、前記複数の分極反転領域中を通過させることによって波長変換を行う波長変換素子であって、光の通過方向に、前記複数の分極反転領域を貫くように高屈折領域が形成されていることを特徴とする波長変換素子。

【請求項 2】 前記高屈折領域が、その周囲をイオンインプランテーションにより低屈折領域にすることにより形成されたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の波長変換素子。

【請求項 3】 前記高屈折領域が、リッジ型導波路によって形成されたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の波長変換素子。

【請求項 4】 前記リッジ型導波路が、選択的反応性イオンエッチングで形成されたものであることを特徴とする請求項 3 に記載の波長変換素子。

【請求項 5】 前記リッジ型導波路が、機械加工により形成されたものであることを特徴とする請求項 3 に記載の波長変換素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、擬似位相整合技術を使用して、入射光と異なる波長を出力するために用いられる波長変換素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

特に光通信の分野においては、物質と光の高次の相互作用により、入射光とは異なった波長の光を得る波長変換技術が注目されている。このような波長変換技術において、変換後の光を材料内部から外部に効率よく取り出す方法として、

①結晶材料の複屈折を利用し、特定の角度に光を伝播させることによって変換前後の波長の位相整合をとる方法

と、

②周期分極反転領域を光の伝播経路上に形成して、変換前後の波長の位相の差を擬似的に無くす擬似位相整合と呼ばれる方法がある。

#### 【0003】

このうち、後者の擬似位相整合は、動作波長や入射角度の許容幅が広く、また波長変換前後の光が異なる方向に出射されるウォークオフと呼ばれる現象が生じないなど、実用化に際して多くの利点を持つと考えられ、期待が集まっている。

#### 【0004】

擬似位相整合技術を利用した波長変換素子における分極反転領域の形成は、例えば、基板材料としてニオブ酸リチウム等の強誘電材料を用い、光リソグラフィ技術を用いて分極反転を行いたい領域に電極をパターンニングし、当該電極に高い直流電圧を印加して、部分的に電界による結晶軸の反転を行うことによって実現されている。

#### 【0005】

このような、強誘電体材料に電圧を印加して分極反転領域を形成する方法とは別に、強誘電体材料ではない水晶を基板に使用し、応力印加によって分極反転領域を形成する波長変換素子が近年提案された (S.Kurimura, R.Batchko, J.Manse11, R.Route, M.Fejer, and R.Byer: 1998年春応用物理学会予稿28a-SG-18: 非特許文献1)。

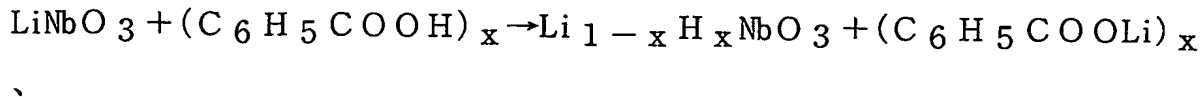
#### 【0006】

水晶を基板材料として用いるこの波長変換素子は、強誘電体を基板とするものに比べて100倍以上の光耐性を示す。また、透明である下限の波長もニオブ酸リチウムが400nmであるのに比べ、150nm付近であるため、従来使用ができなかった波長の光、特にArFエキシマレーザと同等の波長約193nmの光でも使用することができるという利点がある。

#### 【0007】

ところで波長変換技術は、高次の光と物質の相互作用に基づいており、高い変換効率を得るためには、波長変換素子内での光のエネルギー密度が高いことが望

ましい。強誘電体であるニオブ酸リチウムを波長変換材料として用いる場合、高いエネルギー密度の光を使用する方法として広く行なわれている方法は、基板中の一部のリチウムを、高温の熔融安息香酸中で以下のようにプロトンに置換して屈折率を高める、プロトン交換法と呼ばれる方法である。これは、プロトン交換法によって基板中に屈折率の高い部分を設け、その部分に導波路を形成してそこに光を閉じ込める方法である。



具体的には、電界印加によって分極反転領域を形成したあと、光導波路を形成したい領域を残して、基板表面にアルミニウム薄膜を形成する。アルミニウム薄膜の形成は、一般的なりフトオフプロセスを用いて行う。アルミニウムにてマスクしたあと、350℃から400℃に加熱した安息香酸中に基板を浸漬して所定の時間放置し、プロトン交換プロセスを進める。プロトン交換後、アルミニウムをエッチングにて除去する。プロトン交換された領域は周囲より屈折率が高くなり、光が閉じ込められて伝播する光導波路となる。このようにして周期的分極反転領域内に光を閉じ込めて伝播することができ、高い変換効率を得ることができる。

【非特許文献1】 1998年春応用物理学会予稿28a-SG-18

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、水晶を用いた擬似位相整合素子では、上記のようなプロトン交換プロセスを使用して導波路を形成することができず、光の閉じ込めが十分でないため高い変換効率を得られないという問題があった。

【0008】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、水晶を用いた擬似位相整合素子においても、光が閉じこめられる導波路が形成され、高い波長変換効率を得ることができる波長変換素子を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するための第1の手段は、水晶基板中に複数の分極反転領域が周期的に形成され、前記水晶基板の一端から入射した光を、前記複数の分極反転

領域中を通過させることによって波長変換を行う波長変換素子であって、光の通過方向に、前記複数の分極反転領域を貫くように高屈折領域が形成されていることを特徴とする波長変換素子（請求項1）である。

#### 【0010】

本手段においては、光の通過方向に、複数の分極反転領域を貫くように高屈折領域が形成されているので、この高屈折領域に光を導入することにより、高屈折領域に光を閉じこめた状態で、分極反転領域を伝搬させることが可能になる。よって、高い光変換効率の波長変換素子とすることができる。

#### 【0011】

前記課題を解決するための第2の手段は、前記第1の手段であって、前記高屈折領域が、その周囲をイオンインプランテーションにより低屈折領域にすることにより形成されたものであることを特徴とするもの（請求項2）である。

#### 【0012】

高屈折領域としたい領域の周囲を、イオンインプランテーションを行うことで低屈折率とすることにより、その部分の屈折率を相対的に高めることができる。本手段とリソグラフィ技術を組み合わせることにより、微細な高屈折領域を形成し、その中に光を閉じ込めながら伝搬させることができる。

#### 【0013】

前記課題を解決するための第3の手段は、前記第1の手段であって、前記高屈折領域が、リッジ型導波路によって形成されたものであることを特徴とするもの（請求項3）である。

#### 【0014】

リッジ型導波路とは、低屈折率部に突出した高屈折部を設けることにより、突出した高屈折部を光の導波路として使用するものである。本手段においても、突出した高屈折部に光を閉じ込めた状態で光を伝搬させることができる。また、前記第2の手段と異なり、分極反転領域にイオンの打ち込みが行われないようにすることが可能であるので、このような場合には、分極反転領域の特性を変化させる恐れがない。

#### 【0015】

前記課題を解決するための第4の手段は、前記第3の手段であって、前記リッジ型導波路が、選択的反応性イオンエッチングで形成されたものであることを特徴とするもの（請求項4）である。

#### 【0016】

選択反応性イオンエッチングにより水晶基板をエッチングすることにより、リッジ型導波路を形成することができる。本手段をリソグラフィプロセスと組み合わせて使用すれば、微細なリッジ型導波路を形成することができる。

#### 【0017】

前記課題を解決するための第5の手段は、前記第3の手段であって、前記リッジ型導波路が、機械加工により形成されたものであることを特徴とするもの（請求項5）である。

#### 【0018】

ダイシング加工等の機械加工によっても、水晶基板にリッジ型導波路を形成することができる。本手段においては、比較的簡単なプロセスによってリッジ型導波路を形成することが可能となる。

#### 【0019】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の例を、図を用いて説明する。図1は、本発明の実施の形態の例である波長変換素子の素材となる、水晶を用いた擬似位相整合素子の概略構成を示す図であり、(a)は平面図、(b)は(a)におけるA-A断面図、(c)は(a)におけるB-B断面図である。

#### 【0020】

擬似位相整合素子1には、その片側表面に周期的に凸部2が設けられている。水晶を用いた擬似位相整合素子1は、ホットプレス法により形成される。すなわち、図1に示すような、片面に周期的な凸部2を有するその水晶基板を上下方向からヒーターブロックで挟み込み、水晶基板の温度を昇温して所望の温度に到達した時点で、圧力を印加する。このとき、凸部2にあたる部分にのみ応力が作用するので、この部分でのみ結晶軸成分が反転する。この結晶軸反転部分が結晶内部まで成長して結晶内部まで伝播し、基板本体部3の深さ方向に大きく入り込む



。結晶軸反転部分（分極反転領域）を図では符号 4 で示している。このようにして、基板本体部 3 内に周期的な双晶の格子を作製することができる。

#### 【0021】

以下、このような水晶の擬似位相整合素子 1 を基として、イオンインプランテーションにより、本発明の実施の形態の 1 例である波長変換素子を製造するプロセスについて図 2 を用いて説明する。図 2 は、図 1（a）における A-A 断面図と B-B 断面図を示す。なお、以下の図面においては、前出の図面に示された構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付して、その説明を省略することがある。

#### 【0022】

図 2 において、（a）は、水晶の擬似位相整合素子 1 を示す図である。この擬似位相整合素子 1 の表面に、凸部 2 が覆われるような厚さのポジ型のレジスト層 5 を形成する（b）。そして、リソグラフィにより、擬似位相整合素子 1 の B-B 断面の中心部を残して、レジストを露光し、レジストを現像することにより、中央部にレジスト 5 が残った部分を形成する（c）。

#### 【0023】

次に、レジスト 5 をマスクとして、擬似位相整合素子 1 表面に He イオンを打ち込む。それにより、レジスト 5 の無い部分に低屈折率領域 6 a が形成される（d）。

#### 【0024】

その後、レジスト層 5 を除去し、（d）の工程とは異なるエネルギーを有する He イオンを打ち込む。すなわち、このとき打ち込む He イオンのエネルギーを高くし、基板の表面に近い部分では留まらず、ある程度の深さにおいて留まるようにする。すると、所定の深さのところに新たに低屈折率領域 6 b が形成される。（e）。

#### 【0025】

この状態で、（d）においてレジスト 5 の直下にあった深さの浅い部分には、低屈折領域が形成されないため、この部分が周囲より相対的に屈折率が高い高屈折領域 7 となる。これにより、本発明の実施の形態の 1 例である波長変換素子が

完成する。

#### 【0026】

この波長変換素子においては、複数の結晶軸反転部分（分極反転領域）4を貫くように高屈折領域7が形成されている。よって、この高屈折率領域7に光を通すことにより、光は高屈折領域7に閉じ込められた状態で、結晶軸反転部分（分極反転領域）4を通過し、波長変換が行われる。よって、波長変換素子内の光のエネルギーが高い状態とすることができ、高い波長変換効率を得ることができる。

#### 【0027】

以下、図1に示すような水晶の擬似位相整合素子1を基として、選択的反応性イオンエッチングによりリッジ型導波路を構成し、本発明の実施の形態の1例である波長変換素子を製造するプロセスについて図3を用いて説明する。図3は、図1（a）におけるA-A断面図とB-B断面図を示す。

#### 【0028】

図3において、（a）は、水晶の擬似位相整合素子1を示す図である。この擬似位相整合素子1の表面に、凸部2が覆われるような厚さのネガ型のレジスト層5を形成する（b）。そして、リソグラフィにより、擬似位相整合素子1のB-B断面の中心部を、図1の左右方向に亘って所定幅で露光し、レジストを現像することにより、露光部分を残してレジストを除去する（c）。

#### 【0029】

次に、レジストをマスクとして、擬似位相整合素子1表面に $CF_4 + H_2$ 系のガスを打ち込む。それにより、基板の表面をエッチングすると、レジストに覆われている部分が残って凸部8が形成される（d）。その後、レジスト層5を除去することにより、本発明の実施の形態の1例である波長変換素子が完成する（e）。

#### 【0030】

凸部8は、複数の結晶軸反転部分（分極反転領域）4を貫くように形成され、その下の部分にリッジ型導波路9が形成される。よって、このリッジ型導波路9に光を通すことにより、光はリッジ型導波路9に閉じ込められた状態で、結晶軸

反転部分（分極反転領域）4を通過し、波長変換が行われる。よって、波長変換素子内での光のエネルギーが高い状態とすることができ、高い波長変換効率を得ることができる。

#### 【0031】

以下、図1に示すような水晶の擬似位相整合素子1を基として、ダイシング加工によりリッジ型導波路を構成した、本発明の実施の形態の1例である波長変換素子について、図4を用いて説明する。図4において、(a)は平面図、(b)は(a)におけるA-A断面図、(c)は(a)におけるB-B断面図である。

#### 【0032】

図1に示すような水晶の擬似位相整合素子1に、ダイシング加工により溝を加工し、図4に示すような波長変換素子を形成する。すなわち、光の通過方向に沿って、2本の溝10を平行にダイシング加工する。すると、図4の(b)、(c)に示すように、図における上面側に2本の溝10で挟まれた凸部11が形成され、その中にリッジ型導波路9が形成される。よって、このリッジ型導波路9に光を通すことにより、光はリッジ型導波路9に閉じ込められた状態で、結晶軸反転部分（分極反転領域）4を通過し、波長変換が行われる。よって、波長変換素子内での光の強度が高い状態とすることができ、高い波長変換効率を得ることができる。

#### 【0033】

この方法は、機械加工によりリッジ型導波路9を形成するものであるもので、工程が簡単であると共に、イオン打ち込み等を行わないので、結晶軸反転部分（分極反転領域）4の性質を変えることが無いという特徴を有する。

#### 【0034】

なお、図3、図4においては、リッジ型導波路9を構成するための低屈折率物質は空気となっているが、例えば、図3、図4に示されるような波長変換素子の上面を、水晶より低屈折率の物質で覆うようにしてもよい。

#### 【0035】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、水晶による擬似位相整合技術に基づく

波長変換素子においても、光導波路を形成して光の閉じ込めが行えるため、高い変換効率を有する波長変換素子を実現することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態の例である波長変換素子の素材となる、水晶を用いた擬似位相整合素子の概略構成を示す図である。

【図 2】

図 1 に示した水晶の擬似位相整合素子を基として、イオンインプランテーションにより、本発明の実施の形態の 1 例である波長変換素子を製造するプロセスを示す図である。

【図 3】

図 1 に示した水晶の擬似位相整合素子を基として、選択的反応性イオンエッチングによりリッジ型導波路を構成し、本発明の実施の形態の 1 例である波長変換素子を製造するプロセスを示す図である。

【図 4】

図 1 に示した水晶の擬似位相整合素子を基として、ダイシング加工によりリッジ型導波路を構成した、本発明の実施の形態の 1 例である波長変換素子を示す図である。

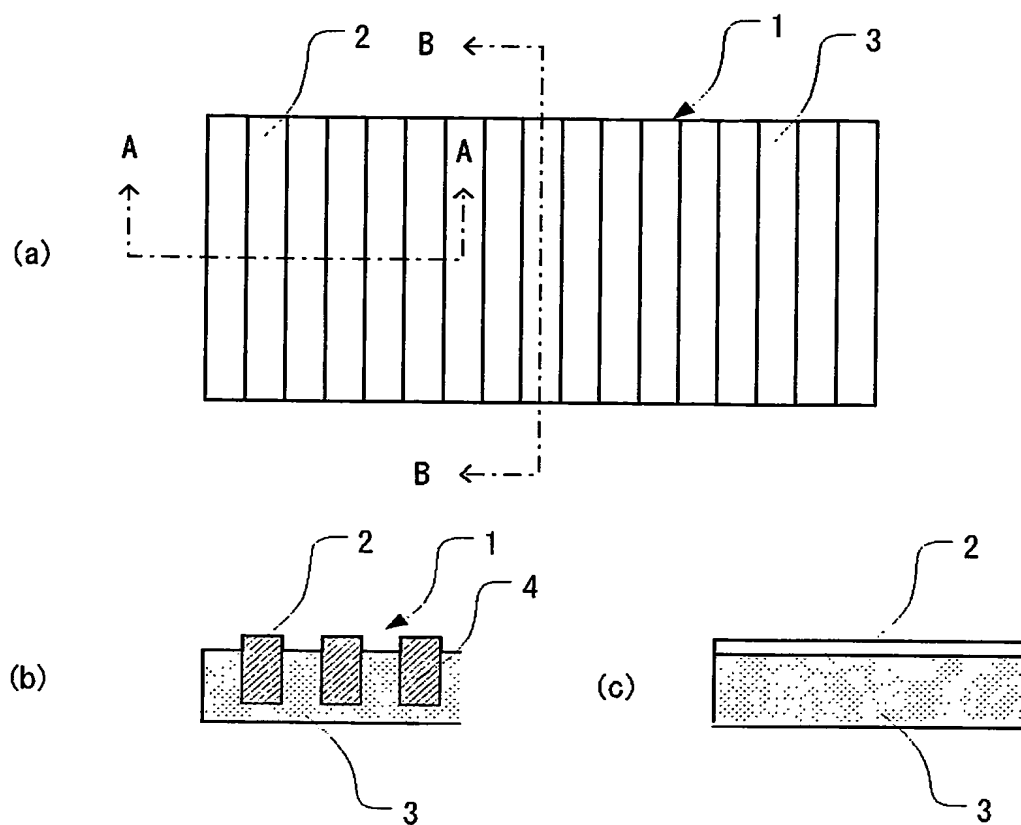
【符号の説明】

- 1：擬似位相整合素子
- 2：凸部
- 3：基板本体部
- 4：結晶軸反転部分（分極反転領域）
- 5：レジスト層
- 6 a、6 b：低屈折領域
- 7：高屈折率領域
- 8：凸部
- 9：リッジ型導波路
- 10：溝

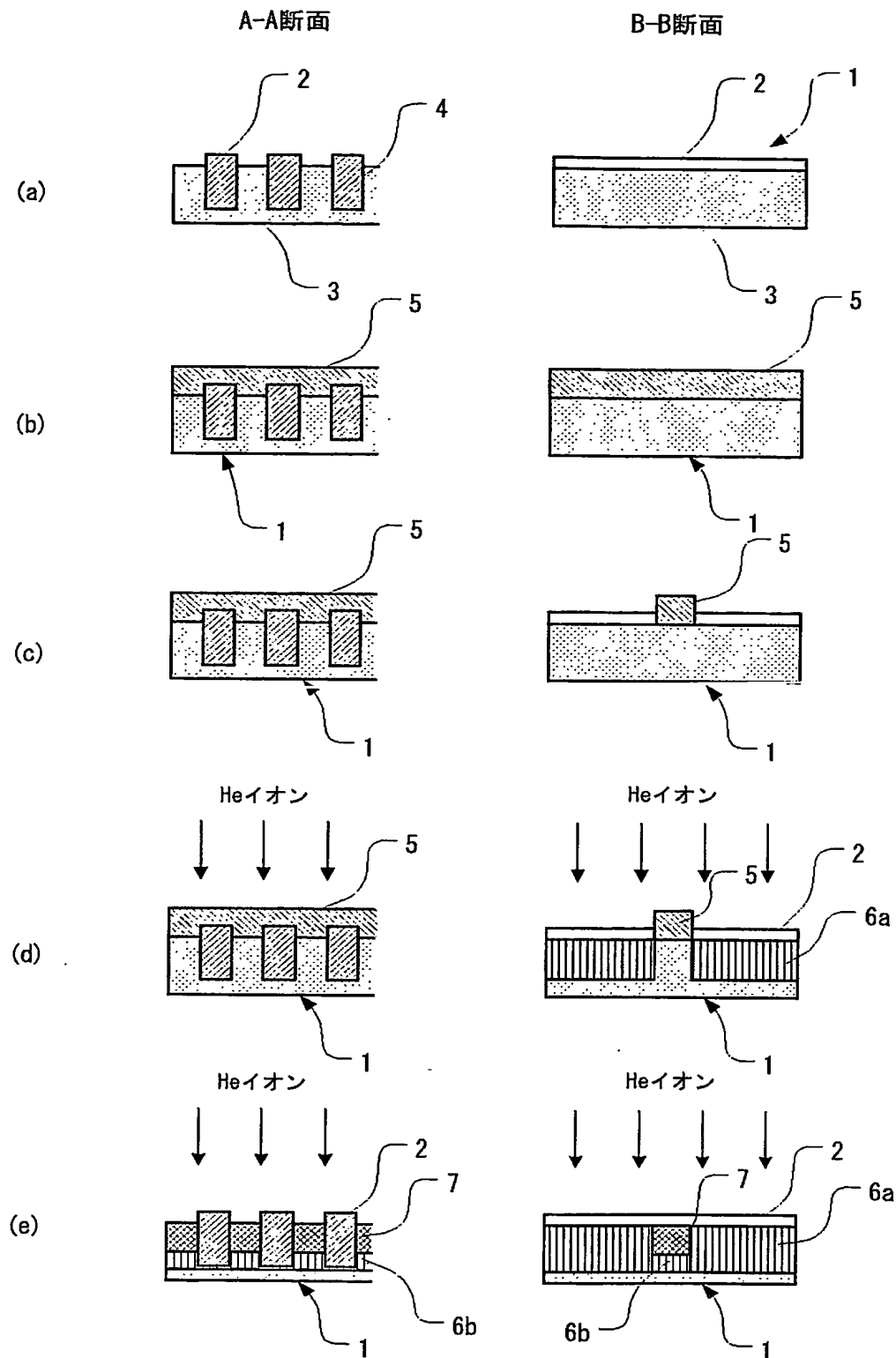
1 1 : 凸部

【書類名】 図面

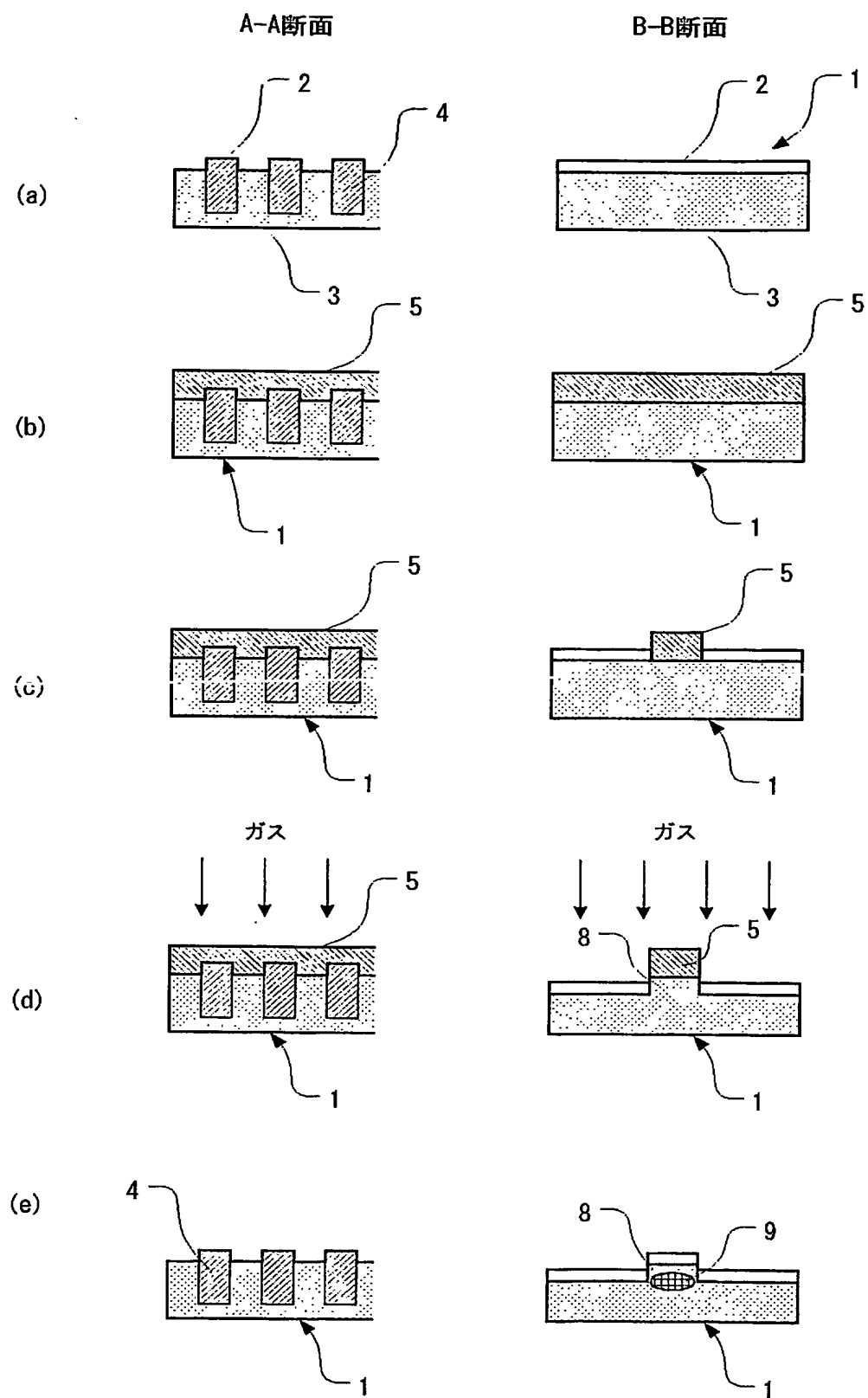
【図 1】



【図 2】

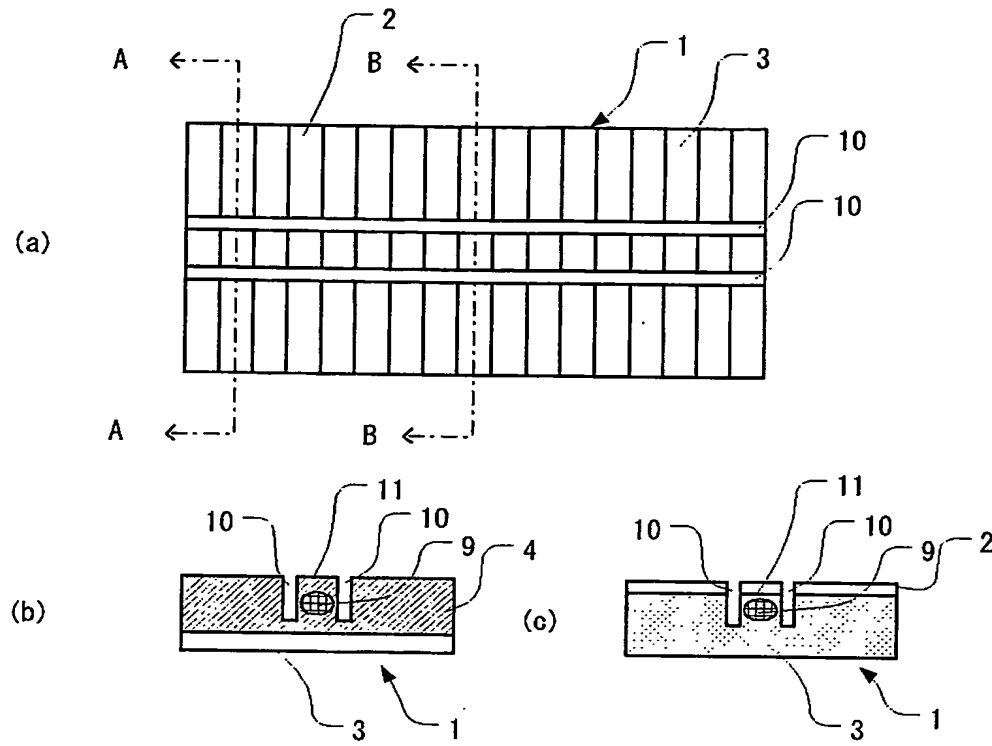


【図 3】





【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 水晶を用いた疑似位相整合素子においても、光が閉じこめられる導波路が形成され、高い波長変換効率を得ることができる波長変換素子を提供する。

【解決手段】 水晶の疑似位相整合素子 1 の、光の通過方向に沿って、2本の溝 10 を平行にダイシング加工する。すると、(b)、(c)に示すように、図における上面側に2本の溝 10 で挟まれた凸部 11 が形成され、その中にリッジ型導波路 9 が形成される。よって、このリッジ型導波路 9 に光を通すことにより、光はリッジ型導波路 9 に閉じ込められた状態で、結晶軸反転部分（分極反転領域）4 を通過し、波長変換が行われる。よって、波長変換素子内での光のエネルギーが高い状態とすることができ、高い波長変換効率を得ることができる。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-276000
受付番号	50201416099
書類名	特許願
担当官	田口 春良 1617
作成日	平成15年 4月 2日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 9月20日

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 7 6 0 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 1 1 2 ]

1. 変更年月日  
[変更理由]

住 所  
氏 名

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

新規登録

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号  
株式会社ニコン

特願 2002-276000

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[301023238]

1. 変更年月日  
[変更理由]

住 所  
氏 名

2001年 4月 2日  
新規登録  
茨城県つくば市千現一丁目2番1号  
独立行政法人物質・材料研究機構